

Software para reabilitação auditiva de crianças com distúrbios no processamento auditivo central

A software for auditory rehabilitation of central auditory processing disorder children

Ademir Antonio Comerlatto Junior¹, Mariane Perin da Silva², Sheila Andreoli Balen³

RESUMO

Objetivo. Descrever o desenvolvimento do processamento temporal auditivo de crianças com distúrbios do processamento auditivo (central) e usuárias do *Software Auxiliar de Reabilitação de Distúrbios Auditivos (SARDA)*. **Método.** A amostra foi composta por 18 crianças, seguindo um protocolo de aplicação de cinco estratégias, 50 minutos, três vezes por semana, durante uma média de quatro semanas. Para verificar a modificação das habilidades do processamento temporal auditivo foram utilizados o teste de padrões de frequência, de duração e o teste de detecção de intervalos de silêncio antes e após o uso do software. Na análise dos dados se utilizou o Teste t de *Student* para dados pareados. **Resultados.** Os testes de padrões de frequência e de duração não mostraram mudanças estatisticamente significantes. No teste de detecção de intervalos de silêncio foi encontrada média de 23,96 ms de diminuição dos intervalos ($p < 0,05$). **Conclusão.** O SARDA contribuiu, na amostra estudada, para o aperfeiçoamento da habilidade de resolução temporal.

Unitermos. Audição, Crianças, Software, Testes Auditivos.

Citação. Comerlatto Junior AA, Silva MP, Balen SA. Software para reabilitação auditiva de crianças com distúrbios no processamento auditivo central.

ABSTRACT

Objective. To describe the development of the hearing temporal processing of children presented with hearing processing disorders (central) and users of the Hearing Disorders Rehabilitation Auxiliary Software (SARDA). **Method.** The sample comprised 18 children, following an application protocol of five strategies, for 50 minutes, three times a week, for an average of four weeks. The tests of frequency patterns, duration, and silence intervals detection, prior to and after the use of the software, were utilized in order to verify the modification of the hearing temporal processing abilities. Student's t test for paired data was used in the data analysis. **Results.** The tests for frequency patterns and duration showed no statistically significant changes. On the silence intervals detection test showed a mean of 23.96 ms of interval decrease ($p < 0.05$). **Conclusion.** In the sample studied, the SARDA contributed to the improvement of the temporal resolution ability.

Keywords. Hearing, Children, Software, Hearing Tests.

Citation. Comerlatto Junior AA, Silva MP, Balen SA. A software for auditory rehabilitation of central auditory processing disorder children.

Trabalho realizado no Curso de Fonoaudiologia da UNIVALI, Itajaí-SC, Brasil. Fomento da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério de Ciências e Tecnologia e bolsas de Iniciação Tecnológica Industrial do CNPq.

1. Fonoaudiólogo graduado pela UNIVALI, SC, Mestrando do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo, FOB-USP, Bauru-SP, Brasil.

2. Fonoaudióloga graduada pela UNIVALI, SC, Mestranda do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo, FOB-USP, Bauru-SP, Brasil.

3. Fonoaudióloga, Doutora em Psicologia, área de Neurociências e Comportamento, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil.

Endereço para correspondência:

Sheila A Balen
Rua Dr. Abel Capela, 481, apt. 103, Coqueiros
CEP 88080-250, Florianópolis-SC, Brasil.
E-mail: sheila@sheilabalen.com.br

Artigo Original

Recebido em: 15/12/09

Aceito em: 11/05/10

Conflito de interesses: não

INTRODUÇÃO

O processamento auditivo central (PAC) refere à eficiência e eficácia com a qual o sistema nervoso central utiliza a informação auditiva¹, sendo o processamento temporal relacionado a como ocorre o processamento do estímulo auditivo no tempo². Este pode ser considerado uma das habilidades mais importantes do processamento auditivo (central), pois todas as funções do sistema auditivo central são influenciadas pelo tempo, principalmente, os eventos relacionados à fala³. Destaca-se que crianças com distúrbios no processamento temporal podem ter prejuízos na aquisição da linguagem, da fala e da leitura⁴, sendo esta associação relatada em pesquisas⁵⁻⁷.

Nos Estados Unidos os distúrbios do processamento auditivo (central) (DPAC) são considerados como um transtorno específico de aprendizagem sendo, portanto, identificados como uma condição neurológica resultante da discrepância entre habilidades e a inteligência, podendo ocasionar problemas no contexto linguístico, social e interpessoal⁸. Há a hipótese de que envolvam a ineficiência no funcionamento das habilidades auditivas, sendo necessária intervenção terapêutica para auxiliar no desenvolvimento dessas habilidades, utilizando o treinamento auditivo. O termo treinamento auditivo pode ser definido como um conjunto de condições e/ou tarefas acústicas que são determinadas para ativar sistemas auditivos e correlatos, visando modificar a base neural e os comportamentos auditivos⁹.

Dentre os modelos de treinamento auditivo se destaca o treinamento auditivo baseado no computador (TABC), que oferece vantagens sistemáticas do controle dos estímulos e hierarquia das atividades. Inerentemente, o computador também pode ser um instrumento para engajar as crianças no treinamento intensivo¹⁰ e motivador¹¹.

A intervenção terapêutica dos DPAC deve ser formada por técnicas, estratégias e procedimentos que sejam transformadores, prazerosos e efetivos em língua portuguesa. Além do que, na reabilitação desses distúrbios é importante observar, controlar e manter as características acústicas dos estímulos auditivos. Da mesma forma, as estratégias de reabilitação devem propiciar a interação do sujeito em atividades lúdicas e desafiadoras¹².

No período de 2005 a 2008, um grupo de pesquisadores do Curso de Fonoaudiologia e de Ciências da Computação da UNIVALI desenvolveu um *Software* Auxiliar na Reabilitação de Distúrbios Auditivos (SARDA) inspirado nos fundamentos do *software Fast*

Forward Language, principalmente, no que se refere ao uso de estímulos verbais expandidos no tempo¹³.

Estudos envolvendo a aplicação do software *Fast Forward Language (FFWL)* em crianças com dislexia do desenvolvimento^{7,14} demonstraram evidências na ressonância magnética funcional de aumento na ativação cerebral e melhora em habilidades de linguagem oral, de escrita e de consciência fonológica após a intervenção com o *software*. O *software Fast Forward Language* incorpora a fala modificada acusticamente para melhorar as habilidades de decodificação de linguagem de crianças com distúrbios linguísticos, auxiliando-os na discriminação de diferenças sutis dos sons¹⁵.

Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo descrever o desenvolvimento do processamento temporal auditivo em crianças com distúrbios do processamento auditivo (central) e usuárias do *Software* Auxiliar de Reabilitação de Distúrbios Auditivos (SARDA).

MÉTODO

Esta pesquisa caracteriza-se por um estudo descritivo envolvendo a observação de habilidades auditivas antes e após método de intervenção.

Sua aprovação deu-se pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVALI (SC), com o parecer número 462/06.

Amostra

A população desta pesquisa foi composta por 26 crianças, sendo 19 encaminhadas por uma escola do município de Itajaí e outras sete crianças pela Clínica de Fonoaudiologia da UNIVALI, Itajaí, SC.

Inicialmente, todos os responsáveis pelas crianças assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, preencheram um questionário sobre o desenvolvimento da criança e se disponibilizaram a participar da estimulação com o *Software* Auxiliar na Reabilitação de Distúrbios Auditivos (SARDA) três vezes por semana, durante 50 minutos, ao longo de uma média de quatro semanas.

Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão para a amostra: idade de 6 a 14 anos; ausência de doenças neurológicas, psiquiátricas e psicológicas conhecidas; triagem audiométrica com respostas em 15 dB em todas as frequências (de 250 a 8.000 Hz) em ambas as orelhas; curva timpanométrica do tipo A bilateralmente; língua portuguesa como primeira e única língua, e diagnóstico de distúrbio do processamento auditivo (central). Este foi estabelecido pela presença de alteração no mínimo em dois testes na bateria de avaliação do processamento auditivo (central)¹.

Destaca-se que para o diagnóstico de distúrbio do processamento auditivo (central) os seguintes procedimentos foram realizados: meatoscopia, avaliação audiológica básica, constando de triagem auditiva e imitação acústica; avaliação comportamental do processamento auditivo (central), incluindo os seguintes testes: dissílabos alternados (*Staggered Spondaic Word* - SSW), dicóticos de dígitos (separação e integração binaural), índice percentual de reconhecimento de fala (IPRF) não sensibilizado, fala filtrada, detecção de intervalos no silêncio (*Random Gap Detection Test* - RGDT), padrões de frequência (TPF) e padrões de duração (TPD).

Com base nos critérios de exclusão e inclusão expostos totalizou-se uma amostra de 18 crianças, sendo 12 do gênero masculino e seis do feminino na faixa-etária de seis anos e 11 meses a 13 anos e dois meses (média de idade de oito anos e meio).

Intervenção

Todos os sujeitos selecionados para participarem da intervenção do SARDA realizaram a bateria de testes do processamento auditivo (central) citada acima pré e pós a estimulação com o SARDA. As etapas desta pesquisa foram: 1) avaliação (pré); 2) estimulação com o *software*; 3) reavaliação (pós).

Os procedimentos utilizados foram três dos testes da bateria de avaliação do processamento auditivo central realizada e que enfocaram os aspectos temporais auditivos, aplicados pré e pós intervenção com o SARDA.

O TPF foi aplicado numa amostra de 18 crianças e o TPD em 15 crianças. Ambos os testes avaliam a habilidade de ordem e sequência temporal. O RGDT foi aplicado em 15 crianças e avalia a resolução temporal¹. Esta diferença de amostra em cada um dos testes se deu porque três crianças não retornaram para realização do TPD e outras três crianças apresentaram respostas no teste RGDT maiores que 300 ms. Destaca-se que o teste não contabiliza respostas superiores a 300 ms, com isso não foi possível mensurar a resposta das crianças, o que inviabilizou a aplicação da análise estatística nestes três casos, pois os mesmos foram considerados "outliers".

O TPF, versão infantil, foi o composto por três tons, que diferiram nas frequências de 880 e de 1430 Hz e o TPD por tons de 1.000Hz de 500 e 250 ms de duração. Ambos os testes foram aplicados a 50 dB NS com apresentação alternada entre as orelhas de 30 padrões, começando pela orelha direita. Para realização desse teste, uma instrução era anteriormente dada,

nomeando os tons em "fino" para tom de 1430 Hz e "grosso" para o tom de 880 Hz no teste de padrões de frequência e de "longo" para tom de 500 ms e "curto" para tom de 250 ms no teste de padrões de duração.

Na pesquisa do limiar de detecção de intervalos no silêncio (RGDT) foram utilizados estímulos de *tone burst*, apresentados binauralmente a 50 dB NS. Primeiramente, aplicou-se o RGDT subteste e, caso nessa aplicação a criança apresentasse coerência nas respostas, dava-se continuidade à aplicação entre 0 ms e 40 ms de intervalo. Caso a criança apresentasse respostas inconsistentes, aplicava-se o teste *expanded*, que possui variação de 50 ms a 300 ms de intervalo. Em ambos eram testadas as frequências de 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, visando identificar qual a menor duração em que as crianças reconhecem dois tons.

Os três testes utilizados estavam gravados em *compact disc*, acoplados aos audiômetros *Interacoustics* Ac33 e/ou Ac40 através do aparelho de som Sony. A apresentação dos estímulos se deu em cabine acústica através do fone supra-aural TDH-39.

O SARDA¹³ é composto por seis estratégias, no entanto, para esta pesquisa foram utilizados as cinco descritas a seguir:

1. **Procurando o Mico Mané** envolve as habilidades auditivas de localização sonora, reconhecimento auditivo e memória. A criança tem que localizar o Mico Mané de acordo com o lado, direito ou esquerdo, em que ouviu o estímulo auditivo. Na primeira fase, a criança ouve um estímulo não verbal e, a partir da segunda, são dois estímulos. A duração dos estímulos varia de 300 ms a 25 ms e o intervalo (a partir da segunda fase) de 800 ms a 10 ms.

2. **Pulando com Dinho Golfinho** visa desenvolver as habilidades de discriminação auditiva, reconhecimento auditivo e memória. Nesta tarefa a criança deve distinguir entre dois sons qual é o grave e qual é o agudo. Os estímulos auditivos usados para esta estratégia são não verbais, variando entre as fases em 512 Hz, 1024 Hz, 1536 Hz, 2048 Hz. Para estímulos descendentes se diminuiu meia oitava e ascendentes se aumentou meia oitava no valor citado. A duração dos estímulos variou de 300 ms a 25 ms e o intervalo de 900 ms a 100 ms.

3. **Cantando com o Tucano Tuca** tem o objetivo de desenvolver as habilidades de discriminação e reconhecimento auditivo. A criança ouvirá um som alvo e deverá identificar qual entre dois outros sons é igual ao som alvo. Os estímulos auditivos são verbais, que variam em intervalo de 500 ms a 10 ms. A duração deles é manipulada em cada etapa, sendo uma expansão

de 100% na etapa inicial, 50% na fase intermediária e fala normal na etapa avançada. A diferença entre os sons verbais é dada por: vogal-consoante-vogal, consoante-vogal-consoante, consoante-consoante-vogal e consoante-vogal. A diferença entre os níveis de dificuldade na estratégia é realizada por diferenças de modo, ponto e sonoridade das consoantes.

4. **Jogando com Zé Jacaré** tem como finalidade desenvolver as habilidades de discriminação auditiva e atenção sustentada. Nesta estratégia, a criança deverá clicar no mouse ao ouvir um estímulo e soltá-lo apenas quando este estímulo mudar. Os estímulos auditivos são verbais, variando entre as etapas em duração, sendo uma expansão de 100% na etapa inicial, 50% na fase intermediária e fala normal na etapa avançada e no intervalo de 1000 ms a 300 ms. A diferença entre os sons verbais é dada por: vogal, vogal-consoante-vogal e consoante-vogal. A diferença entre os níveis de dificuldade na estratégia é realizada por diferenças de modo, ponto e sonoridade das consoantes.

5. **Correndo com o Leão Léó** desenvolve a habilidade de atenção seletiva. Nesta tarefa, a criança deverá identificar a figura de acordo com a ordem dada. A ordem inicia com a narração de frases, a seguir, passa para palavras. Os estímulos auditivos são verbais, variando entre as etapas em duração, sendo uma expansão de 100% na etapa inicial, 50% na fase intermediária e fala normal na etapa avançada. Esta estratégia se diferencia das demais por haver diferentes ruídos competitivos entre as fases, sendo eles: chuva, barulho de animais, sons urbanos e pessoas falando. A diferença entre os níveis é constituída a partir da característica do estímulo verbal apresentado, uma vez que no nível 1 as frases são iguais, diferindo apenas por uma palavra. A diferença entre as palavras na frase é marcada apenas por um par mínimo, sendo dissilábicas, e os fonemas do par mínimo se encontram na posição de *onset* absoluto ou de *onset* medial. No nível 2, as palavras diferem entre si por apenas um par mínimo, sendo dissilábicas, e os fonemas do par mínimo estão na posição de *onset* absoluto ou de *onset* medial. No nível 3, as palavras são marcadas por rimas que assinalam fonemas iguais desde a vogal ou ditongo tônico até o último fonema da palavra, entretanto, diferem nos fonemas iniciais que formavam a palavra.

O uso do *software* aconteceu numa sala terapêutica da Clínica de Fonoaudiologia, constituída por dez computadores ligados à internet. Cada criança dispunha de um computador e fones de ouvido *Sennheiser* individuais, bem como *login* e senha para acesso ao

SARDA. Após digitar seu *login* e senha, as crianças realizavam ajustes no volume do som para uma intensidade confortável na tela inicial e, em seguida, acessavam as estratégias.

A aplicação do *software* se deu três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira), durante 50 minutos no turno da manhã (contra turno da escola). Primeiramente, as crianças iniciavam jogando as estratégias na seguinte ordem: “Procurando o Mico Mane”, “Pulando com Dinho Golfinho”, “Cantando com Tucano Tuca”, “Jogando com Zé Jacaré” e “Correndo com Leão Léó”. Desta forma, completaram os 50 minutos propostos, visto que cada estratégia é liberada durante dez minutos para a criança.

Durante a execução das tarefas no software, as crianças eram acompanhadas por dois pesquisadores/bolsistas para que pudessem esclarecer dúvidas. Por sua vez, estes faziam anotações referentes ao comportamento e desenvolvimento de cada criança. As crianças pesquisadas tiveram tempo de estimulação de oito a 18 dias (média de 12,33 dias, $dp = 3,36$).

Análise Estatística

Os resultados do TPF, TPD e RGDT pré e pós a intervenção com o SARDA foram analisados no intuito de verificar se houve mudanças das habilidades auditivas de ordem e sequência temporal e resolução temporal após a intervenção com o SARDA.

Como os dados apresentaram distribuição normal foi aplicado o Teste *t* de *Student* para dados pareados. Utilizou-se como parâmetro de confiabilidade de 5%.

RESULTADOS

Teste de Padrões de Frequência (TPF)

Houve aumento da média de acertos em ambas as orelhas no desempenho pós-intervenção do SARDA (Tabela 1). Constatou-se, também, que há grande variabilidade no desempenho da amostra tanto pré quanto pós-intervenção, mediante a observação do desvio padrão e do coeficiente de variação. No entanto, os resultados não apresentaram diferença significativa pré e pós estimulação.

Destaca-se que houve a normalização dos resultados de duas (11,12%) crianças em ambas as orelhas após a estimulação do SARDA, sendo que 38,89 % das crianças tiveram um aumento igual ou maior que 20% no escore da orelha direita e 27,78% da orelha esquerda no TPF.

Tabela 1
Medidas descritivas do desempenho da amostra (n=18) no teste de padrões de frequência (TPF) antes e após intervenção com o Software Auxiliar na Reabilitação de Distúrbios Auditivos

Estatísticas	Orelha Direita		Orelha Esquerda	
	PRÉ (%)	PÓS (%)	PRÉ (%)	PÓS (%)
Média	55,18	63,89	50,92	57,59
Dp	29,69	28,17	30,37	26,90
CV	53,81	44,1	59,64	46,71
Mediana	56,67	70	50	61,67
Mínimo-Máximo	0-100	6,66-96,66	0-100	10-96
Teste t de Student	p = 0,06		p = 0,16	

Dp = desvio padrão; CV = coeficiente de variação

Teste de Padrões de Duração (TPD)

Houve aumento da média de acertos em ambas as orelhas no desempenho pós a intervenção do SARDA (Tabela 2). Constata-se, também, que houve grande variabilidade no desempenho da amostra tanto na pré quanto na pós-intervenção. Contudo, não houve diferença significativa no comparativo da avaliação com a reavaliação deste teste.

Na comparação dos dados coletados na reavaliação do TPD se pode observar a normalização de uma (6,67%) criança na orelha esquerda, sendo que 20% das crianças tiveram aumento igual ou maior que 20% no score da orelha direita e 13,33% da orelha esquerda no TPD.

Teste de Detecção de Intervalos no Silêncio (RGDT)

Houve diminuição da média dos limiares em ambas as orelhas no desempenho pré e pós-intervenção do SARDA (p<0,05; Tabela 3).

Salienta-se a normalização de duas (11,12%) crianças no RGDT após a estimulação com o SARDA, sendo que 61,67% das crianças tiveram uma modifi-

cação maior do que 10 ms entre a avaliação pré e pós-intervenção com o SARDA.

DISCUSSÃO

A reavaliação das 18 crianças no TPF e das 15 crianças no TPD não evidenciou diferença significativa após a estimulação com o SARDA. Para tanto, há a hipótese de que o tempo de estimulação utilizado (média de 12,33 dias), nesta pesquisa, ao longo das semanas, possa ter sido insuficiente para gerar mudanças significativas.

Esta hipótese se baseia nos resultados de pesquisas que utilizaram diferentes protocolos no treinamento auditivo com variação na duração da estimulação auditiva por dia, quantidade de dias na semana e, por fim, quantidade de semanas^{7,14,16-18}.

Pesquisas apontam resultados positivos com estimulação de uma vez por semana, envolvendo oito sessões^{19,20}. Outras pesquisas relatam que 30 a 90 minutos por dia, três a cinco vezes por semana, são suficientes. Em contraste, outro estudo relata que 15 mi-

Tabela 2
Medidas descritivas do desempenho da amostra (n=15) no teste de padrões de duração (TPD) antes e após intervenção com o SARDA

Estatísticas	Orelha Direita		Orelha Esquerda	
	PRÉ (%)	PÓS (%)	PRÉ (%)	PÓS (%)
Média	20,44	25,77	19,55	26,89
Dp	19	19,9	18,4	21,95
CV	92,95	77,22	94,12	81,63
Mediana	23,33	23,33	16,66	20
Mínimo-Máximo	0-56,66	0-60	0-50	0-70
Teste t de Student	p = 0,21		p = 0,12	

Dp = desvio padrão; CV = coeficiente de variação

Tabela 3

Medidas descritivas do desempenho da amostra (n=15) no teste de detecção de intervalos no silêncio (Random gap detection test – RGDT) antes e após intervenção com o SARDA

Frequência	Média ± dp (ms)		Mediana (ms)		Moda (ms)		Teste t de Student p =
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS	
500 Hz	34,80±22,34	13,07±10,35	40,00	15,00	40,00	15,00	0,001
1.000 Hz	48,60±43,10	14,47±13,47	40,00	10,00	10,00	15,00	0,005
2.000 Hz	39,13±27,66	17,13±12,03	40,00	10,00	50,00	10,00	0,004
4.000 Hz	37,00±26,91	19,00±14,66	40,00	20,00	50,00	40,00	0,03

menor CV = 64,20% e maior CV = 88,68% PRÉ; menor CV = 70,23% e maior CV = 93,09% PÓS; p<0,05

nutos, duas vezes por semana, já são suficientes para prover o desenvolvimento de habilidades auditivas¹⁰. Neste sentido, há a necessidade de outras pesquisas na área visando estudar estas variáveis em grupos comparativos.

Outra questão a ser discutida quanto aos resultados do TPF e TPD, é que as duas estratégias que desenvolvem mais diretamente a habilidade de ordem e de sequência temporal são as estratégias não-verbais “Procurando o Mico Mané” e “Pulando com Dinho Golfinho”. Deste modo, a habilidade de ordem e de sequência temporal é trabalhada diretamente em apenas duas das cinco estratégias do SARDA.

No que se refere a ausência de diferenças estatisticamente significantes também pode estar relacionada com o fato da resposta verbal do TPF e do TPD ser mais complexa, pois requer aprendizado ou neuromaturação do sistema nervoso, envolvendo as áreas auditivas secundárias e/ou áreas de linguagem do lobo temporal esquerdo, áreas inter-hemisféricas e áreas temporais, frontais e subcorticais relacionadas com a memória de curta-duração, memória operacional, atenção sustentada e linguagem²¹.

Deste modo, no TPF e no TPD quando é solicitada a resposta da criança há provavelmente uma dependência de áreas que necessitam de experiências sensoriais, linguísticas e cognitivas do indivíduo para se desenvolverem²¹. Conclui-se, portanto, que para a realização destes testes a criança necessite de maiores experiências linguísticas e de memória, já que dependem mais diretamente da vivência da criança. Infere-se que o SARDA pode promover a experiência sensorial auditiva e de memória, porém pode não ter ocorrido tempo suficiente de estimulação para a consolidação da habilidade base dessas experiências. Assim, são necessárias novas pesquisas visando propiciar maior tempo de

estimulação ao longo de oito semanas no mínimo para avaliar esta questão.

Em relação às habilidades de ordem e de sequência temporal e a resolução temporal é possível que sejam a base das demais habilidades do processamento auditivo, pois todas as funções do sistema auditivo central ocorrem no tempo, principalmente, os eventos relacionados à fala²².

Destaca-se que as crianças apresentaram maiores dificuldades em compreender a tarefa do TPD do que do TPF²¹. Após o início do teste, por exemplo, algumas crianças afirmaram ter ouvido dois e não três tons, o que leva a pensar em influências do desenvolvimento da resolução temporal das crianças. Acredita-se que o intervalo de 300 ms entre os tons pode ter sido insuficiente para que reconhecessem o silêncio e distinguíssem a presença de cada tom. Os mecanismos de reconhecimento, discriminação, retenção e resgate dos padrões de duração não apresentam representações neurais específicas no córtex auditivo primário como os padrões de frequência. Deste modo, os padrões de duração são reconhecidos pelo hemisfério esquerdo e o reconhecimento do *pitch* é realizado pelo hemisfério direito, sendo o reconhecimento dos padrões de duração mais especializado do que os de frequência²¹.

Essa hipótese se fundamenta no fato de que as habilidades auditivas relacionadas às funções da via auditiva centrais podem melhorar com o treinamento auditivo, em virtude do envolvimento do cérebro e de sua plasticidade, entretanto, as reorganizações no cérebro podem ser lentas e requererem longo tempo de treinamento²³.

Contudo, a partir das avaliações realizadas antes e após a aplicação do SARDA, constatou-se que a diferença entre os limiares de detecção de intervalos de silêncio (RGDT), obtidos antes e após o SARDA,

foram estatisticamente significantes. Esta mudança pode ter ocorrido pelo treinamento mais intensificado da habilidade de resolução temporal, visto que as cinco estratégias trabalhadas durante a estimulação envolvem esta habilidade como base. Assim, a mudança ocorrida pode ser decorrente da existência da plasticidade cerebral, pois esta é a capacidade que o sistema nervoso e, principalmente, os neurônios têm de se adaptarem a mudanças do ambiente²³.

Em contrapartida, as estratégias do SARDA envolveram as habilidades auditivas de localização da fonte sonora, reconhecimento e discriminação de sons não verbais em diferenças de frequência e de duração, bem como discriminação de sons verbais e atenção seletiva. Estas habilidades são mediadas, principalmente, pela via auditiva do tronco encefálico, tálamo e córtex auditivo primário¹⁹. Assim, a tarefa acústica principal solicitada a criança no teste RGDT pode ter sido de fato mais estimulada pelas estratégias do SARDA.

A tarefa auditiva solicitada no RGDT pode envolver maior nível de decodificação, isto é, de detecção e reconhecimento auditivo dos intervalos envolvendo níveis iniciais do processamento auditivo (central)¹³. Por outro lado, contar os estímulos e verbalizá-los possa ser mais desafiador em uma perspectiva cognitiva, pois envolve julgamento do que foi ouvido e tomada de decisão^{24,25}. Nesta perspectiva é necessário o desenvolvimento e funcionamento das funções executivas. Neste sentido, a eficácia do desempenho no teste pode estar relacionado à capacidade da criança de monitorar, auto-corriger, regular a magnitude da resposta, bem como considerar a dimensão temporal das ações para a conclusão da tarefa²⁶.

Déficits ou imaturidade nas funções executivas, causados por inadequado funcionamento do córtex pré-frontal e dos circuitos relacionados a ele podem acarretar dificuldade no processo de tomada de decisões acarretando o uso do método de tentativa e erro; dificuldade em controlar impulsos; distração entre outros sinais e sintomas²⁷. Destes pode-se observar a distração como frequente nas crianças com DPAC. Esta “distração” ou “desatenção” pode ocorrer em virtude da inabilidade de prestar atenção a um estímulo auditivo ignorando outros apresentados simultaneamente (atenção seletiva), e/ou de realizar duas tarefas auditivas ao mesmo tempo (atenção dividida) e/ou manter-se atento por um período de tempo, estando apto a responder para estímulos raros e não-preditivos (atenção sustentada)²⁶.

Pode-se inferir que no teste RGDT a detecção de um ou dois sons envolve não apenas a identificação da

presença do intervalo de silêncio entre dois tons, mas também a modulação do sistema atencional, necessário para regular e executar a tarefa numa dimensão temporal (os estímulos auditivos e as tarefas requisitadas são rápidas). Assim, subjacente a habilidade de resolução temporal há o sistema atencional das crianças que pode ter sido potencialmente desenvolvido pelas estratégias do software, em especial, do “Correndo com o Leão Léo” e “Jogando com o Zé Jacaré” que envolvem tarefas de atenção seletiva e atenção sustentada, respectivamente. Analisada a tarefa que as crianças tinham que executar no “Correndo com o Leão Léo”, observa-se que era necessário que as mesmas reconhecessem qual a figura que correspondia a palavra ouvida com ruídos competitivos. Neste sentido, envolvia detectar e reconhecer o estímulo principal ouvido ignorando o ruído, julgar o que foi ouvido buscando a correspondência com a figura que o representa e tomar a decisão de clicar com o mouse sobre a figura. Assim, há diferentes sistemas sendo ativados nesta estratégia que envolvem a integração entre habilidades auditivas, visuais e motoras, de atenção, de memória, de pensamento e de funções executivas. Esta integração é estimulada em todas as estratégias do software com variações e ênfase em diferentes habilidades auditivas.

Outra questão em relação ao teste RGDT deve ser considerada na presente pesquisa no que diz respeito a variabilidade de resposta da amostra evidenciada pelos valores do coeficiente de variação. Neste contexto, além das inferências expostas anteriormente deve-se investigar em futuras pesquisas a fidedignidade do teste RGDT, bem como as influências da instrução do teste na compreensão da tarefa. Em estudo realizado nos Estados Unidos o teste RGDT foi reaplicado em adultos com uma semana de intervalo não ocorrendo diferenças maiores do que 10 ms entre as duas testagens²⁸. Nesta pesquisa, observou-se que, além dos resultados pré e pós intervenção terem sido significativos, 61,7% das crianças apresentaram diminuição maior do que 10 ms entre as duas medições. Estes resultados apontam para evidências de que houve melhora na habilidade de resolução temporal na amostra investigada após o uso do *software*.

Durante o desenrolar da pesquisa pode-se observar resultados qualitativos que somam-se direta e indiretamente aos resultados analisados estatisticamente. Um exemplo é a motivação das crianças ao trabalharem com o *software*, ao verem as animações e, principalmente, a vibração delas ao passarem de etapas e fases, superando suas dificuldades no decorrer do treinamento auditivo. Para tanto, o *software* foi uma fer-

ramenta estimulante e motivadora para o treinamento das habilidades auditivas das crianças¹⁰.

A volição, isto é, a capacidade de gerar comportamentos intencionais envolvendo a formulação de objetivos e a motivação para iniciar um comportamento dirigido à realização de uma meta neuropsicologicamente, é o primeiro componente das funções executivas antecedendo, assim, o planejamento, a ação direcionada a metas e a verificação do desempenho²⁶. Desta forma, se um *software* pode ser um “agente motivacional” para a criança, esta ferramenta em si já pode “abrir as portas” para outros processos cognitivos acontecerem na reabilitação do processamento auditivo (central).

Quanto à aplicabilidade do *software* como um treinamento auditivo para o processamento auditivo (central), pode-se dizer que ele apresenta a vantagem de o terapeuta poder controlar as apresentações dos estímulos, bem como a frequência, duração, intervalo e intensidade desses, além de ser um auxiliar direto para manter a motivação da criança durante o tratamento^{9,10}.

Outra vantagem do treinamento, baseado no uso do computador, é o fácil acesso aos níveis de treinamento que o formato digital permite, visto que o tipo de estímulo está baseado no modelo de resposta apresentada e num balanceamento de índice de sucesso/falha para que as tarefas e os estímulos não sejam muito difíceis ou fáceis. A manutenção do interesse no treinamento pode ser obtida também pela mudança de cena durante a estratégia¹⁰, que, no SARDA, é realizado a cada fase.

O reforço promovido no treinamento incluiu animações audiovisuais que são importantes para as crianças manterem o interesse e a motivação para o sucesso do treinamento¹⁰, bem como propiciam sua interação com a tarefa e geram prazer durante o processo terapêutico. Observou-se de forma qualitativa, que estas animações geravam expressões de alegria nas crianças.

A verificação da evolução das crianças nas estratégias propiciada pelo registro no banco de dados permitiu que os pesquisadores acompanhassem de forma detalhada a evolução das crianças em cada estratégia, por etapa, fase e níveis de dificuldade ao longo do treinamento.

Cabe ressaltar que pelo delineamento experimental deste estudo não se pode afirmar que o SARDA foi eficaz para o desenvolvimento da habilidade de resolução temporal. No entanto, pode-se verificar que

ele foi efetivo para 61,67% das crianças com DPAC que compuseram a amostra, evidenciando que estas crianças melhoraram suas habilidades auditivas de resolução temporal.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que houve melhora da habilidade de resolução temporal de crianças com DPAC submetidas a intervenção com o SARDA e o mesmo não foi observado na habilidade de ordem e sequência temporal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração na aplicação dos procedimentos de avaliação pré e pós-uso do SARDA das fonoaudiólogas Graziela Liebel, Miriam Regina Moresco Boeno e Carla Meller Mottecy, bem como da Secretaria Municipal de Educação de Itajaí, Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

1. (Central) Auditory processing disorders. Technical report. USA. American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). (atualizado em: 03/2005; acessado em 04/2005). Disponível em: <<http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>>.
2. Rawool VW. A temporal processing primer: part 1 defining key concepts in temporal processing. *Hear Rev* 2006;13:30-4.
3. Rawool VW. The effects of hearing loss on temporal: part 2 looking beyond simple audition. *Hear Rev* 2006;13:30-4.
4. Rawool VW. The effects of hearing loss on temporal processing: part 3 addressing temporal processing deficits through amplification strategies. *Hear Rev* 2006;13:30-8.
5. Tallal P. Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain Lang* 2007;97:2952-7.
6. Cohen-Mimran R, Shimon S. Auditory temporal processing deficits in children with reading disabilities. *Dyslexia* 2007;13:175-92.
7. Gaab N, Gabrieli JDE, Deutsch GK, Tallal P, Temple E. Neural correlates of rapid auditory processing are disrupted in children with developmental dyslexia and ameliorated with training: an fMRI study. *Rest Neurol Neurosci* 2007;25:295-310.
8. Palfery TD, Duff D. Central auditory processing disorders: review and case study. *AXON* 2007;28:20-4.
9. Musiek FE, Chermak GD, Weihing J. Auditory training. In: Chermak GD, Musiek FE. *Handbook of (central) auditory processing disorder: comprehensive intervention*. San Diego: Plural Publishing; 2007, p.77-106.
10. Thibodeau LM. Computer-based auditory training (CBAT) for (Central) Auditory Processing Disorders. In: Musiek FE, Chermak GD. *Handbook of (central) auditory processing disorder*. San Diego: Plural Publishing; 2007, p.167-206.
11. Martins JS, Pinheiro MMC, Blasi HF. A utilização de um software infantil na terapia fonoaudiológica de distúrbio do processamento auditivo central. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* 2008;13:398-404.
12. Miranda EM, Fernandes AMR, Lopes LB, Westphal WN, Mafta M, Balen SA, et al. Sistema de auxílio à reabilitação de deficientes auditivos – SARDA. *Anais X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde* 2006, p.346-7.

13. Balen SA, Fernandes AMR, Roggia SM, Zimmermann KJ, Miranda EM, Comerlatto Junior AA, et al. Relatório Técnico Parcial de Execução do Projeto Software Auxiliar na Reabilitação de Deficientes Auditivos – SARDA (Ref. 2141/05). 2006 nov.
14. Temple E, Deutsch GK, Podrack RA, Miller SA, Tallal P, Merzenich MM, et al. Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: evidence from functional MRI. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003;100:2860-5.
15. Veale TK. Targeting temporal processing deficits through Fast ForWord: Language Therapy With a New Twist. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 1999;30:353-62.
16. Agnew JA, Dorn C, Eden GF. Effect of intensive training on auditory processing and reading skills. *Brain Lang* 2004;88:21-5.
17. Gillam RB, Loeb DF, Hoffman LM, Bohman T, Champlin CA, Thibodeau L, et al. The efficacy of fast forward language intervention in school-age children with language impairment: a randomized controlled trial. *J Speech Lang Hear Res* 2008;51:97-119.
18. Balen SA, Massignani R, Schillo R. Aplicação do software FastFor Word na reabilitação dos distúrbios do processamento auditivo: resultado iniciais. *Rev CEFAC* 2008;10:572-87.
19. Zalcman TE, Schochat E. A eficácia do treinamento auditivo formal em indivíduos com transtorno de processamento auditivo. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* 2007;12:310-4.
20. Martins JS, Pinheiro MMC, Blasi HF. A utilização de um software infantil na terapia fonoaudiológica de distúrbio do processamento auditivo central. *Rev Soc Bras Fonoaudiol* 2008;13:398-404.
21. Balen SA. Reconhecimento de Padrões Auditivos de Frequência e Duração: desempenho de crianças escolares de 7 a 11 anos [tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2001, 175p.
22. Pinheiro ML, Musiek FE. Sequencing and temporal ordering in the auditory system. In: Pinheiro ML, Musiek FE. *Assessment of central auditory dysfunction: fundaction and clinical correlacts*. Baltimore: Williams and Wilkins; 1985, p.219-38.
23. Musiek F, Shinn J, Hare C. Plasticity auditory training, and auditory processing disorders. *Semin Hear* 2002;3:263-75.
24. Zaidan E, Garcia AP, Tedesco MLE, Baran JA. Desempenho de adultos jovens normais em dois testes de resolução temporal. *Pró-Fono* 2008;20:20-4.
25. Balen SA, Liebel G, Boeno MRM, Mottecy CM. Resolução temporal de crianças escolares. *Rev CEFAC* 2009;11(supl1):52-61.
26. Lesak MD. *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press, 2005, 1026p.
27. Malloy-Diniz LF, Sedo M, Fuentes D, Leite WB. Neuropsicologia das funções executivas. In: Fuentes D, Malloy-Diniz LF, Camargo CHP, Cozenza RM. *Porto Alegre: Artmed*. 2008, p.187-206.
28. Lister JJ, Roberts RA, Shackelford J, Rogers CL. An adaptive clinical test of temporal resolution. *Am J Audiol* 2006;15:133-40.